



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 AVR. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 210502

REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE	14 FEV 2003	
LIEU	75 INPI PARIS	
N° D'ENREGISTREMENT	0301797	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE		
PAR L'INPI		
14 FEV. 2003		
Vos références pour ce dossier (facultatif) 240382 D21006 JRC		

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Cabinet REGIMBEAU
20, rue de Chazelles
75847 PARIS CEDEX 17
FRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie

N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet



Demande de certificat d'utilité



Demande divisionnaire



Demande de brevet initiale



ou demande de certificat d'utilité initiale



Transformation d'une demande de
brevet européen Demande de brevet initiale



Date

Date

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE ET DISPOSITIF DE CALIBRATION ET DE CORRECTION DE NIVEAUX DE GRIS

**4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date N°

Pays ou organisation

Date N°

Pays ou organisation

Date N°

S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

Personne morale

Personne physique

Nom
ou dénomination sociale

GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY COMPANY,
LLC

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile
ou
siège

Rue

3000 North Grandview Blvd., Waukesha, Wisconsin 53138

Code postal et ville

Pays

USA

Nationalité

Américaine

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2^{me} page

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2**

BR2

REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE	14 FEV 2003	
LIEU	75 INPI PARIS	
N° D'ENREGISTREMENT	0301797	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

DB 540 W / 210502

6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)		240382-JRC
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		Cabinet REGIMBEAU
N ° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	20, rue de Chazelles
	Code postal et ville	75847 PARIS CEDEX 17
	Pays	
N° de téléphone (facultatif)		01-44-29-35-00
N° de télécopie (facultatif)		01-44-29-35-99
Adresse électronique (facultatif)		info@regimbeau.fr
7 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenu antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="text"/>
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		 92-1142
		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI
		

PROCEDE ET DISPOSITIF DE CALIBRATION
ET DE CORRECTION DE NIVEAUX DE GRIS

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL.

5 La présente invention concerne un procédé de calibration d'appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques et de correction d'images d'un objet à observer.

Plus précisément, elle concerne un procédé de calibration d'appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques et de correction 10 d'images d'un objet à observer en soustrayant à chaque image de la séquence la variation intempestive d'un niveau de gris entre les images d'une même séquence.

ETAT DE L'ART.

Il existe de nombreux appareils aptes à acquérir une séquence 15 d'images radiographiques. De tels appareils sont notamment utilisés dans le domaine médical.

Un exemple d'appareil de radiographie est schématiquement représenté à la figure 1. Sur cette figure, un appareil 1 comportant une potence 5 (d'extension sensiblement verticale) comporte un dispositif 3 formant émetteur d'un faisceau radiographique 4 en direction d'une tablette 7 comportant un détecteur 2. Le détecteur 2 comporte classiquement une matrice de photodiodes. Le détecteur 2 récupère les rayons X après la traversée d'un objet à observer placé dans l'espace d'observation 6 situé dans le faisceau 4, entre d'une part l'émetteur 3 et d'autre part le détecteur 25 2 du dispositif 1. Les extensions de l'émetteur 3 et du détecteur 2 peuvent par exemple être horizontales et perpendiculaires à la potence 5, mais toutes les directions d'observation peuvent être possibles, notamment du fait de la rotation possible de l'ensemble formé par l'émetteur 3 et le détecteur 2 autour d'une axe d'extension sensiblement horizontale. Le 30 dispositif 1 comporte également des moyens de traitement 8 permettant d'acquérir et de traiter une séquence d'images d'un objet issues du détecteur 2.



La différence d'absorption du rayonnement X radiographique par les différentes parties de l'objet à observer permet d'obtenir des renseignements sur la composition de l'objet. En effet, une image formée sur le détecteur 2 comporte différents niveaux de gris, dont on peut déduire 5 une information. Ainsi, si l'objet à observer est une partie d'un corps humain par exemple, les os apparaîtront clairement sur l'image acquise par le détecteur et se détacheront nettement de la partie formée par des muscles.

De tels appareils ne présentent cependant pas totalement satisfaction.

10 En effet, de façon générale, lors de l'acquisition d'une séquence d'images radiographiques, on constate toujours une variation du niveau de gris entre des images successives de la séquence. Ainsi, la figure 2 montre que dans une succession d'images acquises aux temps t_1 , t_2 , t_3 , par exemple, le détecteur mesure une augmentation de la variation L du niveau 15 de gris. Ce phénomène est dû à une rémanence des informations radiographique d'une image à l'autre, ce qui fait varier le niveau de gris entre les images. Sur la courbe de la figure 2, on a représenté la variation L du niveau de gris de l'image courante au temps t_i par rapport à une première image acquise au temps 0. La figure 2 montre également que la 20 variation L de niveau de gris dans la séquence dépend de l'épaisseur et de la composition de l'objet que l'on observe. Ainsi, pour un objet observé ayant une première épaisseur, on obtient la courbe ξ_1 , tandis que pour un objet ayant une deuxième épaisseur différente de la première épaisseur, on obtient une courbe ξ_2 différente de la première.

25 La variation L du niveau de gris est due principalement au piégeage de charges dans les photodiodes du détecteur. La variation L peut également avoir de nombreuses causes. Il peut s'agir notamment d'une montée en température des différents éléments du dispositif.

Dans tous les cas, la variation du niveau de gris d'une image à l'autre 30 fausse les mesures acquises par l'appareil.

En effet, dans le cas d'une grande rémanence, c'est-à-dire de variations très importantes, on peut dégrader grandement la qualité et

l'interprétation des images acquises. En effet, il peut y avoir apparition sur les images de « fantômes », c'est-à-dire de superpositions d'images acquises précédemment sur une nouvelle image d'un objet. Quand la rémanence est plus faible et ne provoque pas l'apparition de fantômes, les 5 mesures effectuées sont également faussées par la variation intempestive du niveau de gris d'une image à l'autre. Les variations peuvent être du même ordre de grandeur que la dynamique en niveaux de gris du signal que l'on cherche à détecter.

Certains procédés permettent de s'affranchir de cette rémanence 10 dans des applications particulières avec des appareils particuliers.

En effet, dans certaines applications, il est possible de déterminer la loi selon laquelle la rémanence diminue dans le temps et retrancher cette rémanence dans les images de la séquence. La figure 3 montre qu'entre deux acquisitions d'images effectuées aux temps t_1 et t_2 , la rémanence 15 diminue selon une loi exponentielle que l'on peut déterminer. Pour cela, on effectue entre deux instants d'acquisition au moins une mesure de noir correspondant aux niveaux de gris délivrés par le détecteur en l'absence d'exposition par les rayons X. La mesure de noir s'effectue au temps t_m par exemple et permet de déterminer la valeur de la rémanence L_m pour cet 20 instant. Par conséquent, grâce à la connaissance des valeurs de la rémanence aux temps t_1 par exemple et t_m , on peut déduire la loi de décroissance de la rémanence. De la loi de la décroissance de la rémanence entre deux acquisitions, on peut déduire la valeur de la rémanence au temps t_2 de l'image acquise suivante et ainsi corriger les 25 images acquises lors d'une séquence.

On comprend que ce procédé de correction de séquences d'images suppose l'utilisation de dispositifs de mesure de noirs. Or, de tels dispositifs ne sont pas toujours disponibles ni accessibles sur les dispositifs radiographiques de l'état de l'art. Par conséquent, dans la plupart des cas, il 30 est pratiquement impossible de pouvoir corriger la variation de niveau de gris dans une séquence d'images successives.



PRESENTATION DE L'INVENTION.

L'invention propose de pallier ces inconvénients.

Un but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif permettant de corriger la rémanence dans une séquence d'images radiographiques. Le procédé et le dispositif doivent pouvoir s'affranchir de l'utilisation de dispositifs de mesure de noirs.

Un autre but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif permettant de calibrer un appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques. La calibration est effectuée afin de pouvoir être utilisée pour corriger les effets de la variation du niveau de gris dans une séquence d'images radiographiques d'un objet à observer.

Un autre but de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif de calibration et de correction d'images radiographiques applicables à tous les phénomènes répétables de variations, c'est-à-dire des phénomènes de variations qui se répètent d'une mesure d'une séquence d'acquisition à l'autre lorsque l'on garde les paramètres de d'acquisition identiques d'une mesure d'une séquence d'acquisition à l'autre.

A cet effet, l'invention propose un procédé de calibration d'appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques et de correction d'images d'un objet à observer, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes selon lesquelles :

- pour chaque image d'une séquence acquise par l'appareil et pour une fréquence donnée d'acquisition de la séquence, on calibre l'appareil en déterminant la valeur de la variation d'une moyenne des niveaux de gris dans au moins une zone d'intérêt de l'image courante d'au moins un dispositif de calibration, la variation étant déterminée par rapport au niveau de gris moyen de la première image de la séquence dans chaque zone d'intérêt ;
- on réitère la détermination de ladite variation pour une série de séquences d'images acquises avec des dispositifs de calibration conduisant à des premières images de niveaux de gris moyens différents d'une séquence à l'autre ;

- on corrige chaque image d'une séquence d'images de l'objet à observer comportant des zones d'observation ayant différents niveaux de gris en soustrayant de l'image courante la variation d'un niveau de gris par rapport à la première image de l'objet, la soustraction étant fonction du niveau de gris considéré de chaque zone d'observation.

L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible :

- on approxime une représentation graphique ayant respectivement pour 10 ordonnée et pour abscisse :
 - le rapport ayant au numérateur la variation du niveau de gris moyen de l'image courante de la séquence du dispositif de calibration par rapport au niveau de gris moyen de la première image et au dénominateur le niveau de gris moyen de la première image ; et
- 15 - les différents niveaux de gris moyens de chaque première image ; par une fonction dont on connaît les caractéristiques ;
 - la fonction est une fonction affine ;
 - le niveau de gris que l'on corrige dans chaque zone de chaque image de l'objet à observer est le niveau de gris moyen ;
- 20 - le niveau de gris que l'on corrige dans chaque zone de chaque image de l'objet à observer est le niveau de gris médian ;
 - on corrige le niveau de gris d'au moins un pixel choisi dans chaque image de l'objet à observer ;
 - la calibration a lieu avant l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à 25 observer ;
 - chaque valeur du niveau de gris moyen de la série de séquences de la calibration est donnée par l'observation d'au moins une plaque de calibration d'épaisseur déterminée constituant chaque dispositif de calibration, son épaisseur changeant d'une série à l'autre ;
- 30 - on détermine le niveau de gris moyen sur plusieurs zones d'intérêt simultanément lors de la calibration ;

- la soustraction lors de l'étape de correction dépend d'une part du niveau de gris dans chaque zone d'observation et d'autre part de la position de la zone d'observation par rapport à chaque zone d'intérêt ;
- la valeur soustraite à chaque image de la séquence d'images de l'objet est 5 fonction d'une part de la position de la zone d'observation et d'autre part d'une fonction de gain spatial déterminée ;
- la calibration a lieu pendant l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer ;
- chaque dispositif de calibration est placé dans un champ d'acquisition de 10 l'appareil comprenant également l'objet à observer ;
- chaque dispositif de calibration comporte au moins deux zones d'intérêt ayant un niveau de gris moyen différent d'une zone à l'autre pour chaque image ;
- la valeur soustraite à chaque image de la séquence d'images de l'objet est 15 fonction d'une part de la position de la zone d'observation et d'autre part d'une fonction de gain spatial de l'appareil ;
- on combine les mesures de calibration d'au moins deux acquisitions de séquences successives ; et
- on combine les mesures de calibration d'au moins deux acquisitions de 20 séquences successives ayant des dispositifs de calibration différents.

L'invention concerne également un appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques mettant en œuvre un procédé selon l'invention.

PRESENTATION DES FIGURES.

- 25 D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :
- La figure 1, déjà commentée, représente schématiquement un dispositif apte à acquérir une séquence d'images radiographiques selon l'état de 30 l'art ;
 - La figure 2, déjà commentée, représente schématiquement l'évolution de la rémanence en fonction du temps dans une séquence d'images radiographiques ;

- La figure 3, déjà commentée, représente schématiquement une méthode de correction de la rémanence selon l'état de la technique utilisant une mesure de noirs ;
 - La figure 4, représente schématiquement une première approche d'un procédé possible de calibration et de correction de séquences d'images selon l'invention, selon laquelle la calibration a lieu avant l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer ;
 - La figure 5, représente schématiquement une variante adaptative spatialement du procédé selon la figure 4 ;
- 10 - La figure 6 représente schématiquement une deuxième approche d'un procédé selon l'invention, selon laquelle la calibration a lieu en même temps que l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer ;
- La figure 7 représente schématiquement une variante adaptative spatialement du procédé selon la figure 6 ;
- 15 - La figure 8 représente schématiquement une coupe longitudinale d'un dispositif de calibration utilisé dans la deuxième approche ; et
- La figure 9 représente schématiquement les différentes étapes d'une variante possible de la deuxième approche où l'on combine des données de calibration d'au moins deux séquences successives ; et
- 20 - La figure 10 représente schématiquement les différentes étapes d'une variante possible de la deuxième approche où l'on combine des données de calibration d'au moins deux séquences successives ayant des dispositifs de calibration différents.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION.

25 L'invention propose un procédé de calibration d'appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques et de correction d'images d'un objet à observer permettant de corriger les effets indésirables des variations de niveaux de gris dans une séquence d'images radiographiques.

Un procédé selon l'invention peut être considéré selon deux approches. Selon une première approche possible, l'étape de calibration est effectuée avant l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer. La deuxième approche permet d'effectuer la calibration en même temps que l'acquisition des images de l'objet à observer.

Dans toutes les figures, les éléments ou étapes similaires sont référencés par des numéros identiques.

PREMIERE APPROCHE.

Voyons tout d'abord un procédé possible mettant en œuvre la 5 première approche.

Les principales étapes d'un procédé possible utilisant la première approche sont représentées schématiquement à la figure 4. Le procédé représenté à la figure 4 comporte deux grandes étapes principales. La première étape est l'étape de calibration. Elle se compose principalement 10 de trois étapes référencées par (a), (b), et (c) sur la figure 4. La deuxième grande étape du procédé est la correction des images de l'objet à observer. Elle se compose principalement de trois étapes référencées par (d), (e), et (f).

Décrivons tout d'abord l'étape de calibration.

15 Lors d'une étape (a), on acquiert grâce à l'appareil radiographique une séquence d'images référencées par #1, #2,..., #N. L'acquisition de la séquence est effectuée en observant un dispositif de calibration 40. Le dispositif de calibration 40 est positionné dans la zone d'observation au-dessus du détecteur de l'appareil et recouvre la majeure partie de la surface 20 du détecteur.

Cette séquence est acquise pour une fréquence d'acquisition donnée. Par exemple, la fréquence d'acquisition peut être d'une image toutes les 30 secondes, ou d'une image toutes les 60 secondes. Les images peuvent également être acquises à intervalle de temps non régulier. 25 La fréquence d'acquisition de la séquence de calibration est préférentiellement la même que la fréquence d'acquisition que l'on souhaite utiliser pour l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer.

La figure 4(a) représente ainsi schématiquement une première séquence d'images d'au moins un dispositif de calibration 40 ayant une 30 épaisseur donnée. Chaque dispositif 40 de calibration comporte au moins une plaque dont l'épaisseur est comprise entre 1 à 8 cm. Chaque plaque présente des caractéristiques d'absorption du rayonnement X émis par le dispositif sensiblement égales à l'objet que l'on veut observer dans la suite.

Ainsi, les plaques du type BR 12 connus de l'homme du métier sont préférées pour des utilisations en mammographie, puisqu'elles présentent les mêmes caractéristiques d'atténuation que les tissus glandulaires, comme le sein. Bien entendu, pour d'autres applications, d'autres matériaux 5 peuvent être utilisés, comme par exemple la lucite ou le plexiglas.

Lors de l'acquisition, on détermine, pour chaque image, un niveau de gris moyen sur une zone d'intérêt choisie homogène et référencée par 41 sur la figure 4. La dimension de la zone d'intérêt 41 est typiquement de 100 pixels x 100 pixels. Pour améliorer la précision des mesures du niveau de 10 gris moyen dans la zone 41, on répète plusieurs fois l'acquisition des images du dispositif de calibration. On répète ainsi typiquement quatre à cinq fois chaque séquence. On moyenne ensuite les résultats.

On effectue une série d'acquisitions de séquences avec des dispositifs de calibration 40 ayant des épaisseurs différentes. On obtient 15 ainsi des niveaux de gris moyens sur la zone d'intérêt 41 différents entre chaque séquence de la série.

On rappelle que le niveau de gris moyen évolue en fonction du temps, c'est-à-dire qu'il varie entre les images successives d'une même séquence. On relève ainsi les niveaux de gris moyens dans la zone d'intérêt 20 41 de chaque image de toutes les séquences de la série.

Ensuite, pour chaque nième image $C^{(n)}$ d'une séquence acquise par l'appareil, et pour la zone d'intérêt 41, on détermine, grâce à des moyens de traitement compris dans l'appareil, la valeur de la variation du niveau de gris moyen entre l'image courante et la première image. On note $L^{(n)}$ cette 25 différence. Elle est égale à :

$$L^{(n)} = \overline{C^{(n)}} - \overline{C^{(1)}} \quad (1)$$

On passe ensuite à l'étape référencée par (b) sur la figure 4. Dans l'étape (b), on détermine pour chaque nième image la différence relative

$$\frac{L^{(n)}}{\overline{C^{(1)}}}.$$

On trace ensuite le graphe de $L^{(n)} / \bar{C}^{(i)}$ en fonction de $\bar{C}^{(i)}$. On constate alors que cette fonction peut être approximée par une fonction affine. La différence estimée $\langle L^{(n)} \rangle$ est alors égale à :

$$\langle L^{(n)} \rangle = \bar{C}^{(i)} \times [\alpha^{(n)} \cdot \bar{C}^{(i)} + \beta^{(n)}] \quad (2) \text{ où } \alpha^{(n)} \text{ et } \beta^{(n)} \text{ sont les coefficients}$$

5 de la régression linéaire des courbes tracées lors de l'étape (b) et calculés lors d'une étape (c).

L'étape (c) montre que l'on détermine, grâce aux moyens de traitement compris dans l'appareil, les coefficients de régression $\alpha^{(i)}$ et $\beta^{(i)}$ correspondant respectivement aux coefficients directeurs et à 10 l'ordonnée à l'origine de chaque droite de l'image i. On stocke ces coefficients dans des moyens mémoire de l'appareil compris dans les moyens 8 de traitement ou dans des moyens situés hors de l'appareil. Cette dernière étape (c) termine la calibration.

Chaque droite dépend d'une part du rang de la nième image dans la 15 séquence, comme l'indique l'exposant (n), et d'autre part de la fréquence d'acquisition de la séquence. Autrement dit, et comme on peut le constater sur la figure 4(b), pour une fréquence d'acquisition identique, les courbes de l'image #2 et de l'image #3 sont différentes. Cela signifie également que pour une fréquence d'acquisition différente, les courbes des images #2 sont 20 différentes.

On trace ainsi l'ensemble des courbes correspondant à toutes les images de la séquence de calibration.

On va maintenant décrire l'étape de correction des images de l'objet à observer.

25 La figure 4(d) montre schématiquement que l'on acquiert une séquence d'images d'un objet à observer 42, la séquence comportant N images. Sans correction, on observe une variation du niveau de gris indésirable entre les images successives de la séquence.

On va donc utiliser les données de calibration afin de corriger ces 30 variations indésirables.

Pour appliquer une correction au pixel de coordonnées (i,j) d'une n ième image $Y^{(n)}$ non corrigée, on mesure le niveau de gris moyen $\overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}}$ dans une zone d'observation $R(i,j)$ centrée sur le point (i,j) de la première image, par exemple la zone référencée par 43 sur la figure 4(d). Chaque zone d'observation $R(i,j)$ a une taille typique de l'ordre de 25 pixels \times 25 pixels. La taille de chaque zone d'observation correspond sensiblement à la plus petite taille des objets que l'on veut observer, par exemple une tumeur dans le cas d'applications de l'invention à la mammographie.

On applique ensuite à l'image $Y^{(n)}$ le procédé de correction en soustrayant de l'image courante la variation d'un niveau de gris par rapport à la première image de l'objet.

En effet, la figure 4(e) montre que grâce à la détermination du niveau de gris moyen $\overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}}$ lors de l'étape (d) et grâce aux données de calibration, on peut remonter à la valeur de la variation $\langle L^{(n)} \rangle$ qui est une fonction de $\overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}}$. Il suffit alors de retrancher cette valeur à la valeur du niveau de gris courante.

On effectue ainsi une mesure du niveau de gris moyen dans plusieurs zones d'observation, par exemple également dans la zone d'observation référencée par 44 sur la figure 4(d). Le niveau de gris moyen de la zone d'observation 44 peut être différent du niveau de gris moyen de la zone 43.

Mathématiquement, on obtient une n ième image corrigée $Z_{i,j}^{(n)}$ par la formule :

$$Z_{i,j}^{(n)} = \left[Y_{i,j}^{(n)} - \left\langle L^{(n)}(\overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}}) \right\rangle \right] = \left[Y_{i,j}^{(n)} - \overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}} \times (\alpha^{(n)} \cdot \overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}} + \beta^{(n)}) \right] \quad (3)$$

En appliquant une telle correction sur l'ensemble des images de la séquence, on obtient une séquence dans laquelle toutes les variations de niveaux de gris moyens ont été supprimées, ou tout au moins réduites.

Dans les formules qui précèdent, on remarque que l'on a utilisé la mesure du niveau moyen de gris autour du pixel (i,j) . Plusieurs variantes sont possibles en fonction du niveau de gris que l'on considère.

Première variante.

- 5 On peut également déterminer la valeur du niveau médian de gris dans chaque zone d'observation. On ne considère donc plus le niveau de gris moyen. On rappelle que la valeur médiane d'une série est la valeur située au milieu de la série de valeurs placées dans un ordre croissant ou décroissant.
- 10 L'utilisation de la médiane permet d'éviter l'impact des valeurs du niveau de gris mesurées aberrantes sur la valeur du niveau de gris prise en compte dans l'étape de correction. En effet, les valeurs extrêmes de la série n'ont aucune influence sur le calcul de la valeur de la médiane. De telles valeurs aberrantes peuvent être mesurées dans une zone de l'objet 42 15 ayant un fort gradient d'épaisseur et aux alentours d'un changement brutal de l'épaisseur de l'objet à observer.

- On considère le niveau médian de gris au lieu du niveau moyen de gris pour les objets présentant de tels gradients d'épaisseur. Les étapes de calibration et les formules (1), (2) restent identiques. Seule la formule (3) est 20 légèrement modifiée, puisqu'on l'applique au niveau de gris médian et non plus au niveau de gris moyen.

Le calcul de la médiane augmente généralement légèrement le temps de traitement des informations effectuées dans les moyens de traitement de l'appareil.

25 Deuxième variante.

Selon une deuxième variante possible, le niveau de gris moyen peut également être remplacé par la valeur $Y_{i,j}^{(1)}$ du niveau de gris du pixel (i,j) .

On ne moyenne donc plus la valeur sur une zone d'intérêt $R(i, j)$ (43 et/ou 44 par exemple) et l'on ne calcule plus la valeur médiane.

- 30 De la même façon que pour la première variante, les étapes du procédé restent identiques, et seule la formule (3) est légèrement modifiée puisqu'on l'applique à la valeur $Y_{i,j}^{(1)}$ du niveau de gris au pixel (i,j) .

La seconde variante permet, comme la première variante, d'avoir une bonne estimation de la variation du niveau de gris en des pixels situés près d'une zone dans laquelle l'épaisseur de l'objet à observer varie rapidement. Elle permet, contrairement à la première variante, une diminution du temps de traitement. Cependant, la détermination de la valeur de la variation du niveau de gris est moins précise, puisqu'il y a augmentation des effets du bruit quantique. Les effets du bruit quantique étaient significativement réduits par le moyennage ou le calcul de la médiane.

10 Dans tous les développements qui précèdent, on suppose que la variation du niveau de gris est homogène sur toute la surface du détecteur de l'appareil. On ne détermine en effet les coefficients $\alpha^{(n)}$ et $\beta^{(n)}$ qu'en une seule zone d'intérêt 41.

APPROCHE ADAPTATIVE.

15 On va maintenant décrire une approche adaptative de la première approche. L'approche adaptative prend en compte la non homogénéité des variations de niveau de gris sur la surface du détecteur de l'appareil. En effet, il apparaît que les détecteurs ne sont pas parfaits, et qu'il existe une disparité des variations de niveau de gris selon la position sur le détecteur.

20 Les principales étapes d'une telle approche adaptative sont représentées schématiquement à la figure 5.

La méthode adaptative consiste à prendre en compte la non homogénéité des variations en effectuant une calibration sur plusieurs zones d'intérêt 41. Les zones d'intérêt sont réparties de façon régulière sur la surface du dispositif de calibration et couvrent au maximum la surface du détecteur.

Ainsi, lors d'une étape (a), on acquiert une séquence d'image d'un dispositif de calibration 40 disposé sur la surface du détecteur. Comme précédemment, on effectue acquisition d'une série de séquences, afin de faire varier l'épaisseur du dispositif de calibration 40. Ensuite, pour chaque image $C^{(n)}$, on calcule la rémanence $L_{\Omega}^{(n)}$ par la formule :

$$L_{\Omega}^{(n)} = \left\{ L_{k,l}^{(n)} = \overline{C_{k,l}^{(n)}} - \overline{C_{k,l}^{(1)}} \right\}_{(k,l) \in \Omega} \text{ (similaire à la formule (1) déjà mentionnée)}$$

où chaque $R_c(k,l), (k,l) \in \Omega$ représente une zone d'intérêt centrée sur le pixel de coordonnées (k,l) référencée par 41, et où Ω est l'ensemble des pixels sur lesquels sont centrées les zones d'intérêt référencées par 41 sur la figure 5.

- 5 On calcule également $L_{\Omega}^{(n)} / \overline{C^{(1)}}$ que l'on trace en fonction de $\overline{C^{(1)}}$.

On obtient ainsi lors de l'étape (b), non plus un graphe d'un ensemble de droites correspondant aux différentes images, mais un ensemble de graphes, correspondant chacun à une zone d'intérêt 41. On a ainsi autant de graphes que de zones d'intérêts 41 sur la surface du 10 dispositif de calibration 40. On a référencé par 411, 412, ..., 41N l'ensemble des graphes correspondants à l'ensemble des mesures dans les N zones d'intérêt 41.

On approxime lors de l'étape (c) les courbes obtenues par des fonctions affines dont on détermine, pour chaque graphe, les coefficients 15 $\alpha_{\Omega}^{(n)}$ et $\beta_{\Omega}^{(n)}$. Les coefficients $\alpha_{\Omega}^{(n)}$ et $\beta_{\Omega}^{(n)}$ dépendent désormais de la zone d'intérêt 41 pour laquelle ils ont été calculés.

Lors de l'étape (d), on acquiert une séquence d'images d'un objet 42 à observer.

On détermine des zones d'observation 43 et 44 pour lesquelles on 20 veut effectuer une correction. On repère alors la place des zones d'observation 43 et 44 par rapport aux différentes zones d'intérêt 41.

On prend alors, pour déterminer la variation de niveau de gris de chaque zone d'observation, les valeurs de $\alpha_{\Omega}^{(n)}$ et $\beta_{\Omega}^{(n)}$ qui ont été déterminées pour la zone d'intérêt 41 correspondante. C'est ce qui est 25 effectué lors de l'étape (e).

On applique ensuite la correction grâce à une formule similaire à la formule (3). Le niveau de gris corrigé $Z_{i,j}^{(n)}$ devient :

$$Z_{i,j}^{(n)} = \left[Y_{i,j}^{(n)} - \overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}} \times (\alpha_{i,j}^{(n)} \cdot \overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}} + \beta_{i,j}^{(n)}) \right] \text{(similaire à la formule (3))}$$

où $Y_{i,j}^{(n)}$ est le niveau de gris avant la correction et $\alpha_{i,j}^{(n)}, \beta_{i,j}^{(n)}$ les 30 coefficients déterminés pour chaque zone d'intérêt et appliqués à la zone d'observation centrée sur le pixel (i,j) .

On obtient ainsi à l'étape (f) une image $Z_{i,j}^{(n)}$ corrigée.

Variantes possibles.

Plusieurs variantes de l'approche adaptative sont possibles.

- Une première variante possible consiste à interpler les coefficients
 5 $\alpha_{i,j}^{(n)}$ et $\beta_{i,j}^{(n)}$ de zones d'observation situées en dehors de zones d'intérêt.

On peut donc ainsi avoir des coefficients $\alpha_{i,j}^{(n)}$ et $\beta_{i,j}^{(n)}$ pour n'importe quelle
 zone d'observation.

- D'autres variantes sont également possibles et utilisent les valeurs
 médianes de niveau de gris ou les valeurs du niveau de gris en un pixel au
 10 lieu de considérer le niveau de gris moyen dans une zone d'observation.

- La première approche considère une calibration avant l'acquisition de la
 séquence d'images de l'objet à observer. Une deuxième approche possible
 effectue la calibration en même temps que l'acquisition de la séquence
 15 d'images de l'objet.

DEUXIEME APPROCHE.

Nous allons maintenant décrire une seconde approche d'un procédé
 selon l'invention, dans lequel les étapes de calibration ont lieu en même
 temps que l'acquisition des images de l'objet à observer.

- 20 Les principales étapes de la deuxième approche sont représentées
 schématiquement à la figure 6.

On constate que sur la figure 6(a), le dispositif de calibration 40 est
 placé dans un champ d'acquisition de l'appareil, et ce pendant l'acquisition
 de la séquence d'images de l'objet 42 à observer.

- 25 On évite ainsi de devoir effectuer une série d'acquisition uniquement
 pour la calibration.

- On a vu cependant qu'il était nécessaire dans la première approche
 d'effectuer une série d'acquisitions avec des épaisseurs de dispositif de
 calibration 40 différentes. Cette variation d'épaisseur est nécessaire au
 30 tracé des courbes de l'étape (b).

Dans la deuxième approche, le dispositif de calibration 40 comporte
 au moins deux zones d'intérêt, ayant des niveaux de gris moyens différents



d'une zone à l'autre, pour chaque image. C'est ce que l'on a représenté schématiquement à la figure 8. En effet, sur cette figure, on constate que le dispositif de calibration 40 comporte une première zone d'intérêt 41 comportant des propriétés d'absorption des rayons X différentes d'une 5 deuxième zone 45. La différence de niveau d'absorption peut être due à une différence d'épaisseur du dispositif 40 au niveau des deux zones 41 et 45, et/ou à une différence de matériau des deux zones. Avantageusement, le dispositif comporte plus de deux zones. On comprend que plus le nombre 10 de zones ayant des propriétés différentes est important, plus le tracé lors de l'étape (b) des courbes de calibration aura un nombre de points significatifs important. Plus le tracé des courbes en (b) est précis, plus leur approximation en (c) est précise également.

Ainsi, lors d'une même acquisition d'une séquence d'images du dispositif de calibration 40, on a plusieurs points de référence permettant 15 d'effectuer le tracé selon la figure 6(b) similaire à celui de la figure 4(b) de la première approche. On calcule pour chaque image $Y^{(n)}$ la rémanence par la formule :

$$L^{(n)} = \overline{Y^{(n)}} - \overline{Y^{(1)}} \text{ (similaire à la formule (1) déjà mentionnée)}$$

On trace ensuite les courbes de ces valeurs relatives par rapport au 20 niveau de gris moyen dans la première image en fonction du niveau de gris dans la première image. Il s'agit de l'étape (b).

On approxime en (c) les différentes courbes des variations du niveau de gris en fonction du niveau de gris de la première image par des fonctions affines, et on en calcule les coefficients de la fonction représentative.

25 Lors de l'étape (e) on utilise la calibration des étapes (a), (b) et (c). La calibration permet de calculer la variation, pour chaque image de l'objet 42 de la séquence. On obtient ainsi en (f) une séquence d'images corrigées.

On comprend alors les avantages de cette approche.

30 Premièrement, on obtient une correction des variations du niveau de gris plus précise. En effet, la rémanence est déterminée directement à partir des images de la séquence de l'objet à observer. On est donc sûr qu'il n'y a

pas de différences de comportement de l'appareil entre les séquences de calibration et l'acquisition des images de l'objet à observer.

Deuxièmement, il n'est pas nécessaire d'effectuer toute une série de mesures afin d'obtenir les courbes de calibration. La calibration est effectuée directement, en même temps que l'acquisition des images de l'objet à observer. Ce deuxième avantage représente un gain de temps considérable pour un utilisateur de l'appareil.

Variantes de la deuxième approche.

On comprend qu'il n'est pas facile d'appliquer une approche adaptative à la deuxième approche. En effet, du fait de la présence de l'objet à observer, on ne peut effectuer une calibration sur l'ensemble du champ d'acquisition. Ainsi, selon une première variante de la deuxième approche, on utilise un modèle spatial afin de tenir compte des éventuelles disparités de variations de niveau de gris en fonction de la position sur le détecteur. Les principales étapes d'une telle variante sont représentées schématiquement à la figure 7.

Les étapes (a), (b), (c) et (e) restent identiques à celle de la figure 6. On ajoute cependant entre l'étape (e) et l'étape (f) une étape (e') permettant l'application d'un modèle spatial des disparités des variations.

Ainsi, pour appliquer une correction à un pixel (i,j) de l'image $Y^{(n)}$, le niveau de gris moyen $\overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}}$ est mesuré dans une zone d'observation, référencée par 44 par exemple, centrée autour du point (i,j) .

Après la calibration, le niveau $Z_{i,j}^{(n)}$ de gris du pixel (i,j) devient

$$Z_{i,j}^{(n)} = \left[Y_{i,j}^{(n)} - \lambda_{i,j} \times \left\langle L^{(n)}(\overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}}) \right\rangle \right] = \left[Y_{i,j}^{(n)} - \lambda_{i,j} \times \overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}} \times (\alpha^{(n)} \cdot \overline{Y_{R(i,j)}^{(1)}} + \beta^{(n)}) \right]$$

(similaire à la formule (3))

avec $Y_{i,j}^{(n)}$ le niveau de gris avant la calibration, $\alpha^{(n)}$ et $\beta^{(n)}$ les coefficients de l'approximation affine de la variation du niveau de gris et $\lambda_{i,j}$ un facteur de gain mesuré ou modélisé pour le pixel (i,j) .

Pour obtenir un facteur de gain $\lambda_{i,j}$ mesuré, on peut par exemple utiliser une calibration pour plusieurs zones d'intérêt comme dans

l'approche adaptative décrite pour la première approche. Les différentes valeurs de $\lambda_{i,j}$ seront ainsi entrées dans les moyens de traitement de l'appareil et appliquées lors de l'étape de correction.

- Pour modéliser le facteur de gain $\lambda_{i,j}$, on peut utiliser l'inverse du 5 facteur de gain de l'appareil. Le facteur de gain $K_{i,j}$ de l'appareil compense la non uniformité d'éclairage du détecteur par l'émetteur et la non uniformité de la réponse des photodiodes du détecteur.

On observe donc, sur le détecteur, une image corrigée en gain de la forme :

- 10 $K_{i,j} (Im + \text{rémanence})$ où Im est l'image de l'objet non corrigée en gain et non homogène. La partie $(K_{i,j} Im)$ est une image homogène.

Ainsi, la rémanence non homogène que l'on observe sur le détecteur est en fait :

$(K_{i,j} \text{ rémanence})$

- 15 La non homogénéité de la rémanence observée est due au facteur de gain $K_{i,j}$. Ainsi, pour retrouver une rémanence homogène, on applique au terme $(K_{i,j} \text{ rémanence})$ le facteur $\lambda_{i,j}$ tel que

$$\lambda_{i,j} = \frac{1}{K_{i,j}}$$

- C'est la rémanence homogène obtenue après cette multiplication que 20 l'on doit soustraire à l'image courante.

- Selon une deuxième variante possible de la deuxième approche, on 25 compensate le fait que peu de valeurs pour le tracé des courbes de calibration peuvent être acquises. En effet, comme on acquiert les données de la calibration en même temps que les données d'observation de l'image, on n'a qu'une valeur de la variation par image pour un niveau de gris donné.

- Afin d'augmenter le nombre de points de mesure pour améliorer la précision du calcul des coefficients de régression $\alpha^{(i)}$ et $\beta^{(i)}$ de l'approximation, il est possible de combiner les informations de plusieurs séquences successives d'acquisition d'objets à observer différents. La 30 figure 9 représente schématiquement les différentes étapes de cette variante. On aperçoit sur la figure 9 qu'au moins deux séquences d'images

d'objet 42' et 42'' sont acquises lors d'étapes référencées par (a₁) et (a₂). Les deux séquences sont référencées par 91 et 92, et sont acquises toutes les deux dans les mêmes conditions d'acquisition, mais successivement. Par exemple, la séquence 91 est acquise avant la séquence 92. La 5 séquence 91 a notamment la même fréquence d'acquisition que la séquence 92. Lors de l'étape (b), les mesures récoltées sur le dispositif 40 de calibration dans chacune des deux séquences 91 et 92 sont combinées afin d'augmenter le nombre de points sur lesquels on calcule des coefficients de régression lors de l'étape (c). Sur la figure 9, le dispositif 40 10 comporte trois zones d'intérêt référencées par 41, 45 et 46. La figure 9(b) représente les différents points issus de chaque séquence, pour chaque image pour les zones 41, 45 et 46. On double ainsi le nombre de points si on combine deux séquences. La précision des approximations est donc augmentée. Les deux séquences 91 et 92 sont ensuite corrigées lors des 15 étapes (e₁) et (e₂) respectivement. La correction utilise les coefficients de régression calculés lors de l'étape (c). On obtient alors en (f₁) et en (f₂) des images corrigées.

La variante de la figure 9 est bien entendu généralisable à autant de séquences qu'on le désire. Pour chaque image, on a ainsi un nuage de 20 points pour chaque niveau de gris.

De plus, la variante de la figure 9 peut être itérative, c'est-à-dire que pour chaque nouvelle séquence acquise, on peut recalculer des nouveaux coefficients de régression.

Une autre variante de la deuxième approche compense le fait que 25 peu de points de fonctionnement sont disponibles pour le tracé des courbes de calibration. En effet, du fait de la présence de l'objet à observer dans le champ d'acquisition du détecteur, on ne peut pas disposer dans le champ des dispositifs de calibration de grande taille. Les dispositifs ne possèdent par conséquent pas de nombreuses zones de caractéristiques d'atténuation 30 différentes. La présente variante utilise des dispositifs de calibration différents d'une séquence à l'autre, afin d'augmenter le nombre de points de fonctionnement. Les principales étapes d'une telle variante sont représentées schématiquement sur la figure 10. On aperçoit sur la figure 10



qu'au moins deux séquences d'images d'objet 42' et 42'' sont acquises lors d'étapes référencées par (a₁) et (a₂). Les deux séquences sont référencées par 91 et 92, et sont acquises toutes les deux dans les mêmes conditions d'acquisition, successivement. La séquence 91 a notamment la même
 5 fréquence d'acquisition que la séquence 92. Les dispositifs de calibration 40' et 40'' utilisés dans les deux séquences sont au contraire différents d'une séquence à l'autre. Par exemple, le dispositif 40' possèdent deux zones d'intérêt 41 et 45, tandis que le dispositif 40'' en possède au moins une, préférentiellement deux, référencées par 47 et 48. Les zones 47 et 48
 10 possèdent des caractéristiques d'atténuation des rayons X différentes de celle des zones 41 et 45. Lors de l'étape (b), les mesures récoltées sur les dispositifs 40' et 40'' de calibration dans chacune des deux séquences 91 et 92 sont combinées afin d'augmenter le nombre de points de fonctionnement sur lesquels on calcule des coefficients de régression lors de l'étape (c). Les
 15 points de mesure des zones 47 et 48 lors de l'acquisition de la séquence 92 complètent les points des zones 41 et 45 acquis pendant l'acquisition de la séquence 91. On dispose par exemple les deux dispositifs 40' et 40'' alternativement sur le détecteur lors d'acquisitions successives de deux objets différents 42' et 42''.
 20 Dans les variantes des figures 9 et 10, on peut bien entendu utiliser un modèle spatial.

Bien entendu également, d'autres variantes de la deuxième approche sont également possibles, et utilisent les valeurs médianes de niveau de gris ou les valeurs du niveau de gris en un pixel, au lieu de considérer le
 25 niveau de gris moyen dans une zone d'observation.

GENERALISATIONS.

L'introduction du facteur de gain $\lambda_{i,j}$ pendant l'étape de correction peut être appliquée à la première approche également.

30 Dans les développements qui précèdent, la variation estimée relative $\langle L^{(n)} \rangle / \bar{C}^{(1)}$ dans la nième image peut être approximée une fonction affine du niveau de gris moyen dans la première image $\bar{C}^{(1)}$. Bien entendu, dans les



développements qui précèdent, on peut approximer la représentation graphique visible à la figure 4(b) par exemple par d'autres fonctions dont on peut déterminer ou dont on connaît les caractéristiques. La fonction d'approximation choisie dépend du phénomène répétable que l'on observe,
5 ainsi que de la précision que l'on souhaite obtenir lors de la calibration. La fonction d'approximation peut ainsi par exemple être une fonction polynomiale comportant des puissances de $\overline{C^{(i)}}$ ou une fonction exponentielle.

Le procédé et l'appareil des développements qui précèdent
10 s'applique avantageusement à des applications à la mammographie et à la détection de tumeurs cancéreuses.



REVENDICATIONS.

- 1 Procédé de calibration d'appareil apte à acquérir une séquence d'images radiographiques et de correction d'images d'un objet à observer, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes selon lesquelles :
 - pour chaque image d'une séquence acquise par l'appareil et pour une fréquence donnée d'acquisition de la séquence, on calibre l'appareil en déterminant la valeur de la variation d'une moyenne des niveaux de gris dans au moins une zone d'intérêt de l'image courante d'au moins un dispositif de calibration, la variation étant déterminée par rapport au niveau de gris moyen de la première image de la séquence dans chaque zone d'intérêt ;
 - on réitère la détermination de ladite variation pour une série de séquences d'images acquises avec des dispositifs de calibration conduisant à des premières images de niveaux de gris moyens différents d'une séquence à l'autre ;
 - on corrige chaque image d'une séquence d'images de l'objet à observer comportant des zones d'observation ayant différents niveaux de gris en soustrayant de l'image courante la variation d'un niveau de gris par rapport à la première image de l'objet, la soustraction étant fonction du niveau de gris considéré de chaque zone d'observation.
- 2 Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on approxime une représentation graphique ayant respectivement pour ordonnée et pour abscisse :
 - le rapport ayant au numérateur la variation du niveau de gris moyen de l'image courante de la séquence du dispositif de calibration par rapport au niveau de gris moyen de la première image et au dénominateur le niveau de gris moyen de la première image ; et
 - les différents niveaux de gris moyens de chaque première image ; par une fonction dont on connaît les caractéristiques.

- 3 Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la fonction est une fonction affine.
- 4 Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le niveau de gris que l'on corrige dans chaque zone de chaque image de l'objet à observer est le niveau de gris moyen.
- 5 Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le niveau de gris que l'on corrige dans chaque zone de chaque image de l'objet à observer est le niveau de gris médian.
- 6 Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on corrige le niveau de gris d'au moins un pixel choisi dans chaque image de l'objet à observer.
- 15 7 Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la calibration a lieu avant l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer.
- 20 8 Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que chaque valeur du niveau de gris moyen de la série de séquences de la calibration est donnée par l'observation d'au moins une plaque de calibration d'épaisseur déterminée constituant chaque dispositif de calibration, son épaisseur changeant d'une série à l'autre.
- 25 9 Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce qu'on détermine le niveau de gris moyen sur plusieurs zones d'intérêt simultanément lors de la calibration.
- 30 10 Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la soustraction lors de l'étape de correction dépend d'une part du niveau de gris dans chaque zone d'observation et d'autre part de la

position de la zone d'observation par rapport à chaque zone d'intérêt.

- 11 Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que la valeur soustraite à chaque image de la séquence d'images de l'objet est fonction d'une part de la position de la zone d'observation et d'autre part d'une fonction de gain spatial déterminée.
5
- 12 Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la calibration a lieu pendant l'acquisition de la séquence d'images de l'objet à observer.
10
- 13 Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que chaque dispositif de calibration est placé dans un champ d'acquisition de l'appareil comprenant également l'objet à observer.
15
- 14 Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que chaque dispositif de calibration comporte au moins deux zones d'intérêt ayant un niveau de gris moyen différent d'une zone à l'autre pour chaque image.
20
- 15 Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que la valeur soustraite à chaque image de la séquence d'images de l'objet est fonction d'une part de la position de la zone d'observation et d'autre part d'une fonction de gain spatial de l'appareil.
25
- 16 Procédé selon l'une des revendications 12 à 15, caractérisé en ce qu'on combine les mesures de calibration d'au moins deux acquisitions de séquences successives.
30
- 17 Procédé selon l'une des revendications 12 à 16, caractérisé en ce qu'on combine les mesures de calibration d'au moins deux

acquisitions de séquences successives ayant des dispositifs de calibration différents.

18 Appareil (1) apte à acquérir une séquence d'images radiographiques
5 d'un objet (42) à observer, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (8) aptes à :

- pour chaque image d'une séquence acquise par l'appareil et pour une fréquence donnée d'acquisition de la séquence, calibrer l'appareil comportant des moyens aptes à déterminer la valeur de la variation 10 d'une moyenne des niveaux de gris dans au moins une zone d'intérêt choisie de l'image courante d'au moins un dispositif de calibration (40), et déterminer ladite variation par rapport au niveau de gris moyen de la première image de la séquence dans chaque zone d'intérêt ;
 - réitérer la détermination de ladite variation pour une série de séquences 15 d'images de dispositifs de calibration acquises avec des dispositifs de calibration conduisant à des premières images de niveaux de gris moyens différents d'une séquence à l'autre ;
 - corriger chaque image d'une séquence d'images de l'objet (42) à observer comportant des zones d'observation ayant différents niveaux 20 de gris et à soustraire de l'image courante la variation d'un niveau de gris par rapport à la première image de l'objet, et à effectuer la soustraction en fonction du niveau de gris considéré de chaque zone d'observation.
- 25 19 Appareil (1) selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (8) aptes à approximer une représentation graphique ayant respectivement pour ordonnée et pour abscisse :
 - le rapport ayant au numérateur la variation du niveau de gris moyen de l'image courante de la séquence du dispositif de calibration par rapport 30 au niveau de gris moyen de la première image et au dénominateur le niveau de gris moyen de la première image ; et
 - les différents niveaux de gris moyens de chaque première image ;



par une fonction dont un utilisateur de l'appareil (1) peut déterminer les caractéristiques.

1er dépôt

1/5

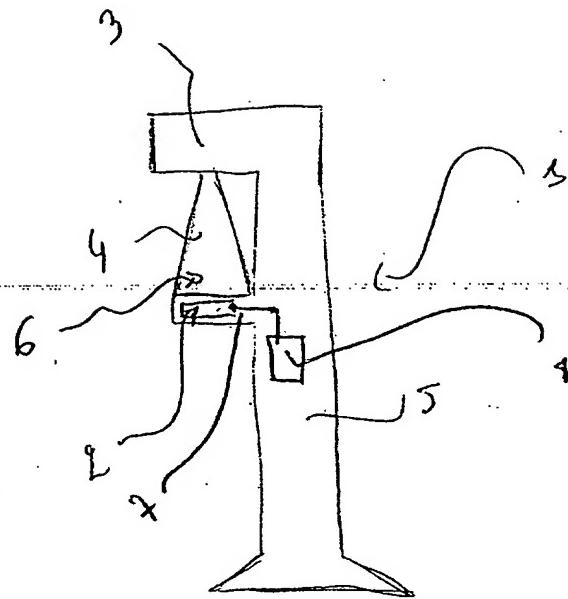


FIG. 1

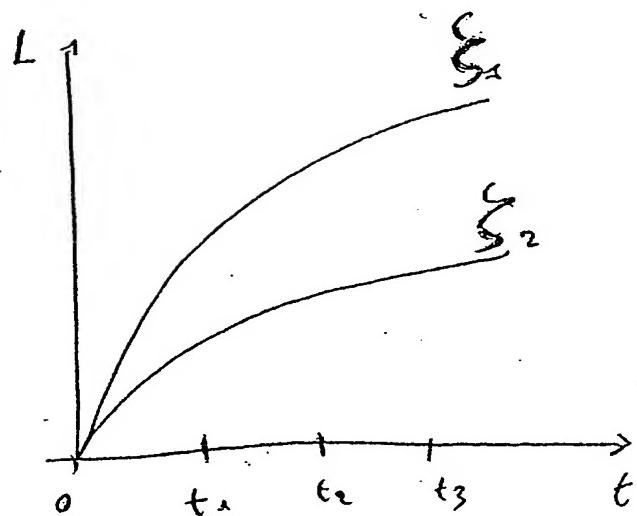


FIG. 2

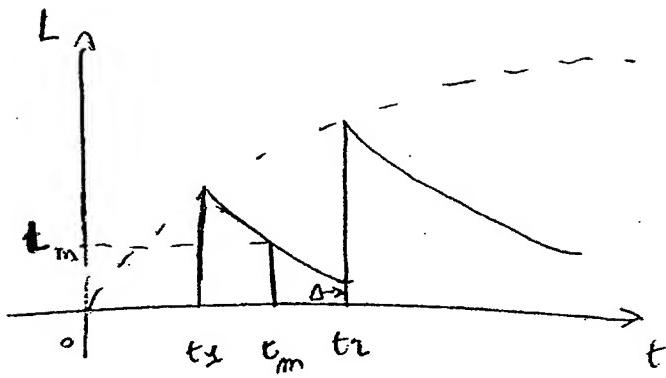


FIG. 3

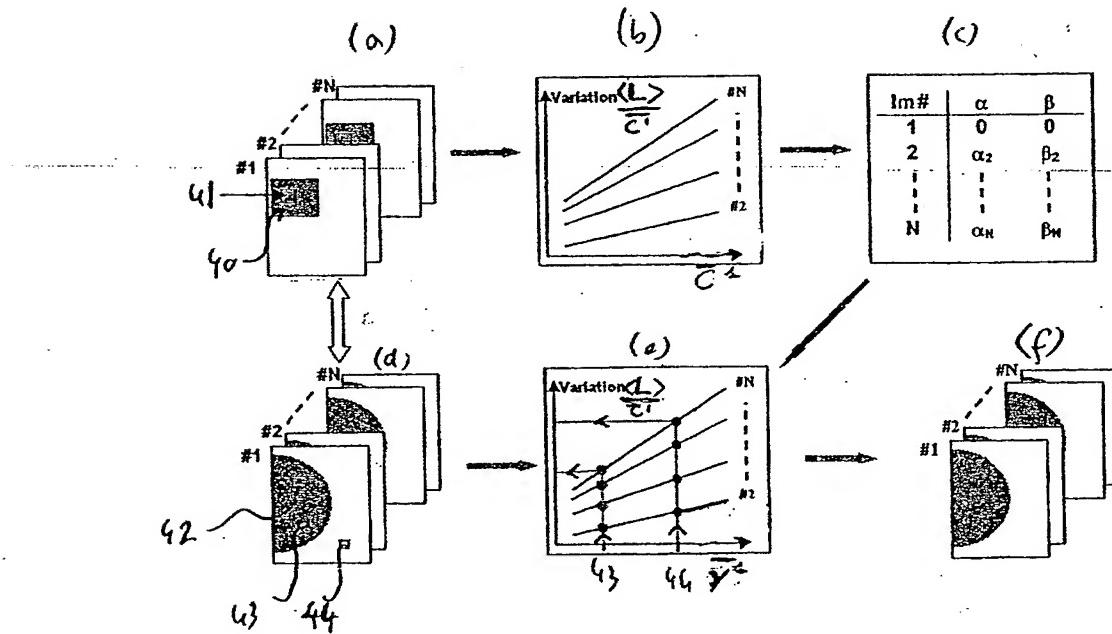


FIG. 4

3/5

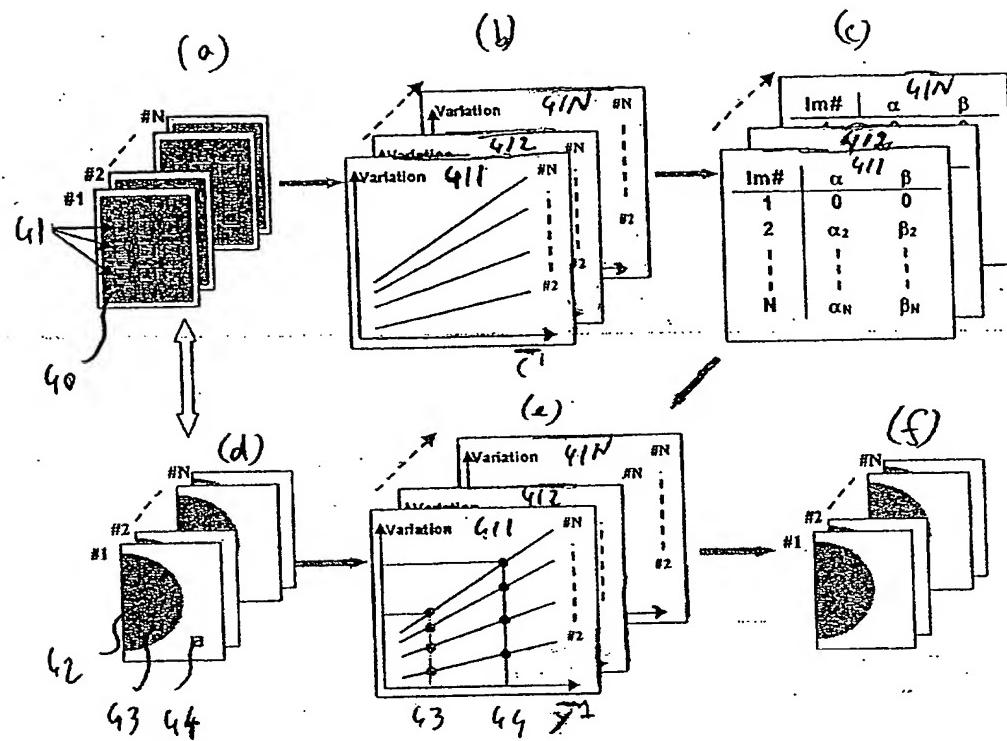


FIG. 5

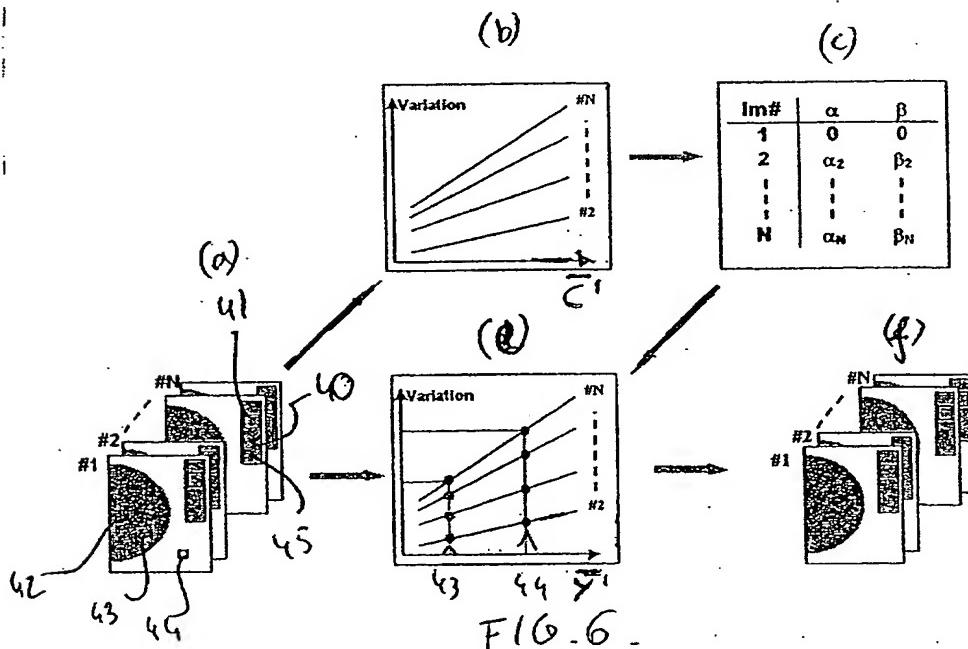


FIG. 6

1er dépôt

415

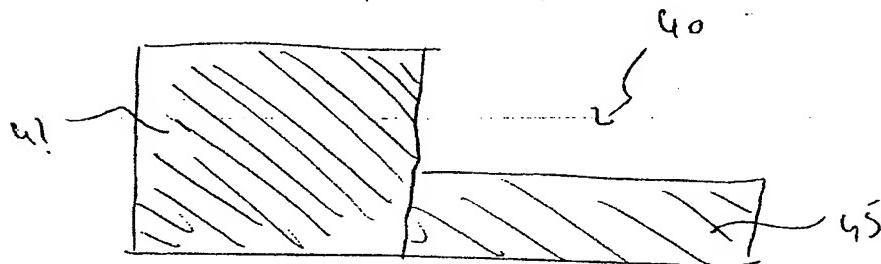
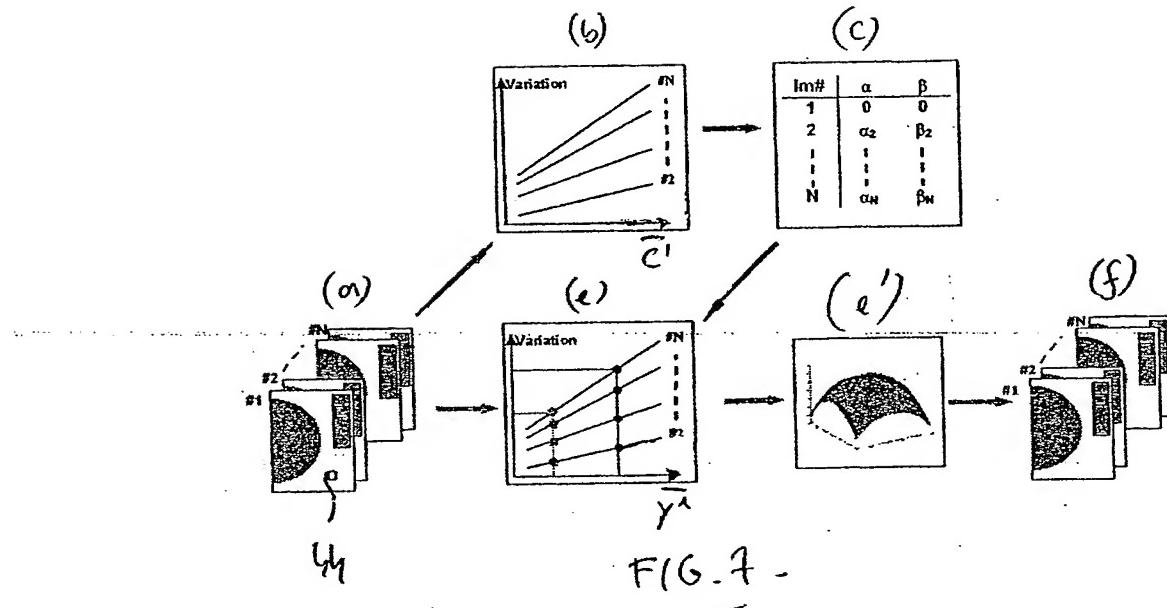
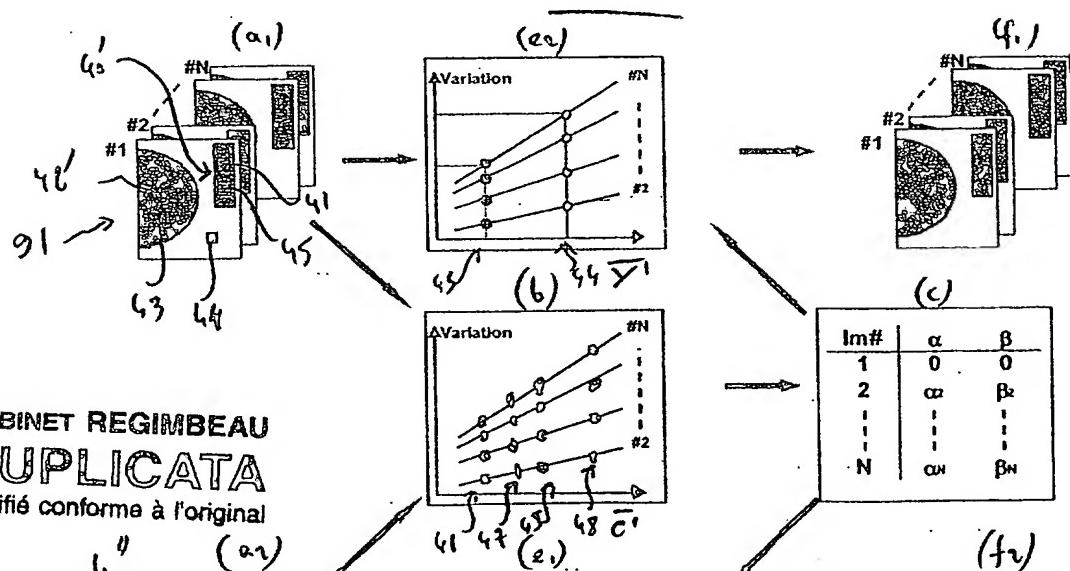
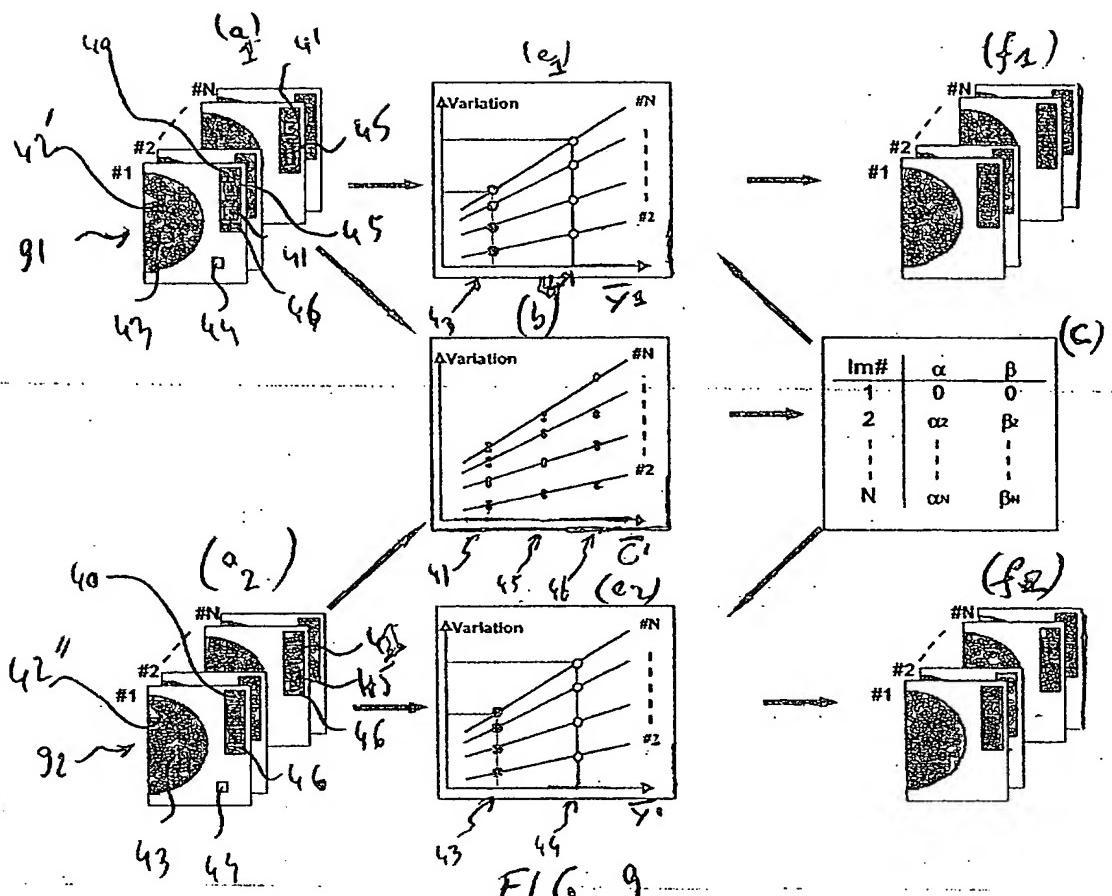
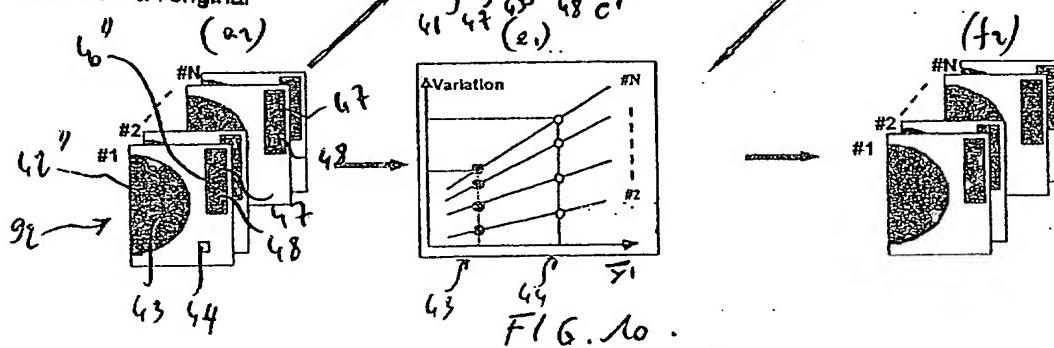


FIG. 8



CABINET REGIMBEAU
DUPPLICATA
certifié conforme à l'original



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

reçue le 31/03/03

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerf
N° 11235*03



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° . T / T

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	240382 D21006 JRC	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0301797	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
PROCEDE ET DISPOSITIF DE CALIBRATION ET DE CORRECTION DE NIVEAUX DE GRIS		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY COMPANY, LLC : 3000 North Grandview Blvd., Waukesha, Wisconsin 53138 - USA		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1 Nom		JEUNEHOMMME Fanny
Prénoms		
Adresse	Rue	17, rue de l'Ermitage
	Code postal et ville	78000 VERSAILLES FR
Société d'appartenance (facultatif)		
2 Nom		MULLER Serge
Prénoms		
Adresse	Rue	1, rue Maryse Bastié
	Code postal et ville	78280 GUYANCOURT FR
Société d'appartenance (facultatif)		
3 Nom		IORDACHE Razvan
Prénoms		
Adresse	Rue	61, rue de l'Aqueduc
	Code postal et ville	75010 PARIS FR
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S)		14/02/2003
DU (DES) DEMANDEUR(S)		
OU DU MANDATAIRE		
(Nom et qualité du signataire)		
 92-1142		

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket No. **133155**

Application No.

Inventor: **JEUNE HUMATE ET AL**

Title: **METHOD AND APPARATUS FOR CALIBRATION AND
CORRECTION OF GRAY LEVEL IN IMAGES**

Attorney: Jay L. Chaskin, Reg. No. 24,030 **CUST# 23413**

THIS PAGE BLANK (USPTO)